In the name of Allah, the Most Gracious, the Most Merciful













DOSIMETRIE

1 INTRODUCTION.

Le rayonnement transmet son énergie lorsqu'il traverse la matière. Il existe deux types de rayonnement :

- le rayonnement ionisant.
- le rayonnement non ionisant

Les êtres humains sont constamment exposés à des rayonnements ionisants que l'on retrouve naturellement dans l'environnement, mais les autres sources sont certains traitements médicaux et d'autres activités qui impliquent l'utilisation de matières radioactives.

Des études ont montré que l'exposition aux rayonnements ionisants peut provoquer des effets néfastes pour la santé, dont le cancer et des maladies héréditaires.

Les rayonnements ionisants font l'objet de surveillance et de contrôle.

La mesure et le calcul des doses de rayonnement sont appelés dosimétrie.

Les techniques de dosimétrie varient et dépendent en partie de l'endroit où se trouve la source de rayonnement.

- **soit à l'extérieur du corps (externe).**
- **ou à l'intérieur (interne).**

Les dosimètres servent à mesurer les expositions au rayonnement externe.

Pour ce qui concerne les expositions internes, deux techniques de dosimétrie principales sont en cause :

- **la mesure de la présence de substances rayonnantes dans le corps.**
- **ou la mesure de substances nucléaires excrétées par le corps.**

2. CONCEPTS FONDAMENTAUX ET RAPPELS.

Pour **comprendre la dosimétrie**, il faut connaître d'autres concepts comme la structure de l'atome, la désintégration radioactive et les types de rayonnements. Ces concepts sont respectivement

2.1 STRUCTURE DE L'ATOME

Dans un atome on retrouve trois sortes de particules :

- **Les protons**; les protons présentent une charge électrique positive
- **Les neutrons**; les neutrons sont neutres électriquement. La charge du noyau est positive.
- **Les électrons**; chargés négativement et ont une masse bien plus petite que les neutrons et les protons.

2.2 DÉSINTÉGRATION RADIOACTIVE.

Les isotopes peuvent être subdivisés en deux catégories : les **isotopes stables** et les isotopes **radioactifs**.

Dans un isotope stable, le nombre de protons et de neutrons présents dans le noyau est équilibré dans une configuration stable.

Un isotope radioactif est instable à cause d'un nombre inégal de protons et de neutrons présents dans le noyau.

Le noyau d'un isotope radioactif se désintègre spontanément dans le cadre d'un processus de désintégration, processus au cours duquel il émet l'origine de son instabilité afin de devenir stable.

Cette énergie est appelée rayonnement.

Le **processus de désintégration** radioactive aboutit à la création **d'un noyau plus stable**. Mais, le noyau **formé peut être radioactif**, bien qu'il soit plus stable que le noyau père.

Le processus va se poursuivre jusqu'à ce qu'un noyau stable soit créé, c.à.d. au moment où la désintégration radioactive va s'arrêter.

La quantité de rayonnement émis par l'isotope d'un élément est appelée l'activité et son unité est le becquerel (Bq).

Un becquerel correspond à la désintégration d'un atome par seconde.

2.3 TYPES DE RAYONNEMENTS.

Quatre catégories principales de rayonnement ionisant y sont abordées :

- **le rayonnement alpha;**
- **le rayonnement bêta;**
- **le rayonnement photonique (rayons X et rayons gamma);**
- **le rayonnement neutronique.**

Ces différentes catégories de rayonnements sont capables de pénétrer dans le corps humain à des degrés divers, et d'entraîner une dose de rayonnement.

2.3.1 RAYONNEMENT ALPHA (A)

En raison de leur masse et de leur charge relativement importantes, leur **capacité de pénétration** dans la matière est **extrêmement limitée.**

Le rayonnement alpha **peut être arrêté** par une feuille de papier **ou la couche de cellules mortes de la peau**.

Par conséquent, le rayonnement alpha produit par des substances nucléaires **se trouvant en dehors du corps ne présente par de risque d'irradiation**.

Mais, lorsque **ces substances sont ingérées dans l'organisme**, l'énergie du rayonnement **alpha est complètement absorbée** dans les tissus corporels. Pour cette raison, le rayonnement alpha constitue un risque interne.

2.3.2 RAYONNEMENT BÊTA (B)

Il est possible d'arrêter la majeure partie du rayonnement bêta avec une protection minimale, (des feuilles de plastique, de verre ou de métal).

Lorsque la source de rayonnement est à l'extérieur du corps, Ce rayonnement **d'énergie suffisante peut entrer** dans le corps en traversant la couche de cellules mortes de l'épiderme et communiquer son énergie aux cellules vivantes de la peau.

Cependant, sa capacité de pénétration dans les tissus et organes plus profonds est très limitée.

Mais elles peuvent être dangereuses lorsqu'elles sont ingérées dans l'organisme.

2.3.3 RAYONNEMENT PHOTONIQUE (GAMMA (γ) ET RAYONS (X)).

Les rayonnements photoniques (**X et Gamma**) présentent un intérêt sur le plan dosimétrique.

Le rayonnement photonique **peut pénétrer très profondément** et, dans certains cas, **son intensité ne peut être réduite qu'à l'aide de matières assez denses comme l'acier ou le plomb.**

Il peut traverser des distances plus grandes que celles des alpha ou bêta et peut pénétrer les tissus et les organes lorsque la source de rayonnement se trouve hors du corps.

Il est très dangereux lorsque des substances nucléaires émettrices de photons sont incorporées dans l'organisme.

2.3.4 RAYONNEMENT NEUTRONIQUE (n)

Ces **neutrons peuvent provenir** des **réactions dans lesquelles un noyau interagit avec un rayonnement incident** tel que le rayonnement (gamma ou alpha), et dont l'effet sur le noyau se traduit par l'émission d'un neutron.

Les neutrons **peuvent pénétrer profondément dans les tissus et les organes humains** lorsque la source de rayonnement se trouve en dehors du corps. Ils sont également très dangereux lorsque les substances émettrices sont déposées dans l'organisme.

Ce rayonnement est arrêté ou absorbé par des matériaux contenant des atomes d'hydrogène.

3. CONCEPTS RELATIFS AUX DOSES

Lorsque le rayonnement ionisant pénètre dans le corps humain, il lui communique de l'énergie. **L'énergie absorbée par unité de masse à la suite de l'exposition au rayonnement porte le nom de dose.**

Trois différentes quantités de dose de rayonnement sont définies:

- **La dose absorbée,**
- **La dose équivalente**
- **La dose efficace.**

3.1 DOSE ABSORBÉE (D).

La dose absorbée est la quantité d'énergie déposée dans la matière (tissu humain).

L'unité de dose absorbée est le gray (Gy).

$$D = \frac{dE}{dm}$$

Un gray correspond à une énergie déposée d'un joule dans un kilogramme de matière (**1 Gray = 1Gy = 1 J/kg**).

3.2 DOSE ÉQUIVALENTE

Lorsqu'une matière vivante absorbe de l'énergie, celle-ci peut produire un effet biologique.

Sachant que l'interaction avec les matières biologiques n'est pas toujours la même pour les différents types de rayonnement ionisant, **des doses absorbées ayant une valeur identique n'ont pas nécessairement les mêmes effets biologiques**.

Par exemple, **1 Gy de alpha est plus nocif pour les tissus que 1 Gy de bêta (les particules alpha ont une charge plus grande et communiquent leur énergie de manière plus dense le long de leur trajectoire que les beta).**

Un facteur de pondération radiologique (*W_R*) *est utilisé pour mettre en équivalence les différents types de rayonnement et leur efficacité biologique respective.*

Le concept de **dose équivalente** permet de **comparer le degré de nocivité potentielle des différents types de rayonnement ionisant.**

L'unité de dose équivalente est le sievert (Sv).

Les facteurs de pondération sont donnés dans des tables du Règlement sur la radioprotection, *dans lesquelles les doses absorbées sont multipliées par leurs facteurs* de pondération radiologique respectifs afin d'obtenir des doses équivalentes.

Elle est notée **H** et s'exprime en **Sievert**: **Sv** (**gray pondéré**) et **W_R** est le facteur de pondération du rayonnement, le facteur de pondération est sans unité.

$$H = D \times W_R$$

3.3 DOSE EFFICACE (E).

La réaction biologique à un type de rayonnement donné peut varier en fonction des tissus et des organes. **La dose efficace traduit le risque de cancer, ou dommage génétique due à une irradiation, en fonction de la nature du tissu irradie.**

Par exemple, une dose équivalente donnée (par sievert) risque davantage d'entraîner un cancer fatal du poumon plutôt que de la glande thyroïde.

Les effets peuvent varier **tant sur le plan du type** que **de l'ampleur** et doivent être pris **en considération lorsqu'on évalue** son effet sur la santé humaine.

Ceci est pris en compte en multipliant la dose équivalente reçue par un organe ou un tissu par son facteur de pondération (**W_T**) respectif.

Les facteurs de pondération des organes et tissus figurent aussi dans des tables du *Règlement sur la radioprotection. Pour chaque organe ou tissu, les doses pondérées sont calculées, en utilisant leurs facteurs de pondération respectifs, et ils sont ensuite additionnés pour obtenir la dose efficace totale reçue par l'ensemble de l'organisme.*

Les facteurs de pondération des organes et des tissus tiennent compte de la susceptibilité relative d'une partie du corps au cancer, au décès et aux effets héréditaires.

L'unité utilisée pour exprimer la dose efficace est également le sievert (Sv).

- **E** : s'exprime en **Sievert**.
- **W_T** : est le facteur de pondération tissulaire, qui tient compte de la radiosensibilité du tissu.

3.4 LIMITES DE DOSE

Les limites de dose prescrites par le *Règlement sur la radioprotection* ***sont basées sur la dose équivalente et sur la dose efficace.***

Ces limites sont mises en place pour réduire le maximum le risque d'effet nocif sur la santé humaine, causé par l'exposition aux rayonnements.

Ces effets sont classés en deux catégories :

- ***Les effets stochastiques***
- ***Les effets déterministes.***

3.4.1 UN EFFET STOCHASTIQUE: est un effet nuisible sur la santé dont la probabilité augmente proportionnellement avec la dose du rayonnement reçue.

3.4.2 UN EFFET DÉTERMINISTE: est un effet qui augmente avec les doses reçues au-delà d'un certain seuil.

Les effets déterministes comprennent entre autres les brûlures cutanées et la formation de cataracte.

4. DOSIMÉTRIE EXTERNE

La dosimétrie externe est la mesure d'une dose lorsque la source de rayonnement se trouve à l'extérieur du corps (externe).

4.1 DOSIMÉTRIE DES RADIATIONS PHOTONIQUE ET BÊTA.

Les radiations photonique et bêta ont une force **de pénétration très grande**. Ces **radiations sont dangereuses pour la peau et les yeux car ils peuvent déposer de l'énergie dans les cellules sensibles de ces tissus**.

Elles peuvent contribuer à la dose équivalente reçue par la peau et les yeux, les photons présentent le facteur externe contribuant à la dose efficace.

4.2.DOSIMETRE.

Un dosimètre standard se compose d'un détecteur inséré dans un support, et **permet de mesurer la dose absorbée par l'organe.**

En général, le détecteur contient un ou plusieurs éléments sensibles, et le support contient un ou plusieurs filtres.

4.3 INCERTITUDE DES MESURES EN DOSIMÉTRIE EXTERNE

Comme toute mesure, la dosimétrie externe peut donner des valeurs de doses qui ne sont pas parfaitement précises et exactes.

L'incertitude de la mesure est principalement causée par un **manque de connaissance du milieu dans lequel le dosimètre** sera utilisé. Mais aussi d'autres d'incertitude sont directement liées au dosimètre lui-même.

5. DOSIMÉTRIE INTERNE.

La dosimétrie interne est la mesure des doses injectées dans le corps accidentellement ou dans un but thérapeutique.

La dosimétrie interne comporte deux étapes :

5.1 LE NIVEAU DE RAYONNEMENT présent à l'intérieur du corps d'une personne est estimé en utilisant l'une des deux méthodes suivantes:

- **ESSAI BIOLOGIQUE *IN VIVO*** *(par la mesure directe de la radioactivité présente dans le corps);*
- **ESSAI BIOLOGIQUE *IN VITRO*** *(par la mesure de la radioactivité présente dans l'urine ou les selles d'une personne).*

5.1.1 ESSAI BIOLOGIQUE IN VIVO (mesure directe de la radioactivité présente dans le corps).

L'essai biologique *in vivo consiste à mesurer les substances nucléaires présentes dans le corps. Cette mesure se fait à l'aide d'instruments externes qui détectent le rayonnement qu'émettent ces substances.*

5.1.2 ESSAI BIOLOGIQUE IN VITRO (mesure de la radioactivité des substances excrétées par l'organisme).

L'essai biologique *in vitro sert à détecter la présence de matières radioactives ou à en* ***estimer la quantité dans l'urine, les selles ou d'autres matières biologiques extraites du corps****.*

Le but des essais biologiques in vitro est de déterminer la quantité de substances nucléaires excrétées par l'organisme afin d'estimer la quantité présente dans le corps.

6. QUELQUES EFFETS SUR LA MATIÈRE VIVANTE. L'énergie transférée, par une radiation ionisante traversant la matière par unité de distance, peur provoquer des effets sur les atomes de la matière irradiée.

6.1. LÉSIONS MOLÉCULAIRES. Toutes les macromolécules biologique sont sensibles au rayonnement ionisants, mais les conséquences les plus importantes sont les lésions touchant l'ADN.

6.1.1 radiolyse de l'eau. La radiolyse de l'eau est un processus rapide qui conduit à la production de molécules réactives avec l'ADN.



Les élément formes sont très actifs.

6.1.2 Tableau Récapitulatif:

Formation de radicaux.	**(H^+ très réducteur et OH^-), par ionisation ou excitation des molécules d'eau.**
Influence du TLE	**Formation d'espèces non radicalaires (H2O2) favorisées par les rayonnements à fort TLE.**
Influence du dioxygène.	**Formation d'espèces radicalaires et non radicalaires H^+ très réducteur et OH^-, O_2^-, H_2O_2,.....), favorisées par la présence de dioxygène.**
Effet sur les molécules organiques	**Formation de peroxydes (R-OOH) et tétroxydes (R-OOOOH) à partir de molécules organiques ==> action sur l'ADN et la membrane cellulaire.**

6.2. LÉSIONS de L'ADN. Les diverses lésions sont observées en absence de rayonnement ionisants et sont potentiellement létales ou mutagènes.

6.2.1. LÉSIONS chromosomique. Les rayonnement ionisant peuvent entrainer la mort plus ou moins rapide de la cellule. Leurs fréquences augmente en fonction de la dose absorbée.

6.2.2. ALTÉRATION du génome. Deux cas sont possible:

- sur une cellule somatique → transformation néoplasique
- Sur une cellule germinale → anomalie héréditaire.

7. LÉSIONS TISSULAIRE. C'est une anomalie qui peut résulter de l'absorption de l'énergie de la radiation incidente. Cette radiosensibilité dépend du type cellulaire et de la dose absorbée.

Ces altérations peuvent être à l'origine d'un dysfonctionnement de l'organe touché.